

BESCHREIBUNG

5

Vorrichtung zur Messung von zeitlich aufgelösten volumetrischen Durchflußvorgängen

- 10 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Messung von zeitlich aufgelösten volumetrischen Durchflußvorgängen insbesondere von Einspritzvorgängen bei Verbrennungskraftmaschinen mit einem translatorischen Volumendifferenznehmer, der im wesentlichen aus einem in einer Meßkammer angeordneten Kolben und einer die Auslenkung des Kolbens aufnehmenden Erfassungseinrichtung besteht, welche mit
15 einer Auswerteeinheit verbunden ist.

- Vor allem im Bereich direkteinspritzender Verbrennungskraftmaschinen, die nach dem Diesel- oder dem Ottoverfahren arbeiten, steigen die Anforderungen an die Einspritzsysteme hinsichtlich der zugemessenen Menge, dem Zeitpunkt und dem
20 Verlauf der Einspritzung stetig. So sind Einspritzverläufe in den letzten Jahren dahingehend modifiziert worden, dass entweder die zuzumessende Einspritzmenge für einen Verbrennungszyklus in mehrere kleine Teileinspritzungen aufgetrennt wird oder die Ratenverlaufsformung über die Modulation des Kraftstoffdrucks oder andere ratenmodulierende Maßnahmen kontrolliert wird. Dazu müssen entsprechende
25 Meßvorrichtungen zur Verfügung gestellt werden.

- Entsprechend wird in der DE 31 39 831 A1 ein Verfahren beschrieben, bei dem ein Meßkolben durch die in eine Meßkammer eingespritzte Kraftstoffmenge bewegt wird. Aus dem dabei zurückgelegten Weg des Kolbens wird auf die Einspritzmenge
30 geschlossen. Nach einer bestimmten Anzahl von Einzeleinspritzungen erfolgt die Rückführung des Meßkolbens in seine Ausgangsposition. Erfasst werden dabei jeweils die Endstellungen des Meßkolbens. Bei diesem Verfahren treten jedoch aufgrund der Trägheit der Kolbenmasse sowie der auftretenden Reibung für heutige Verhältnisse zu große Meßungenauigkeiten auf.

So wird in der DE 39 16 419 A1 eine elektromagnetisch gesteuerte Meßvorrichtung beschrieben, welche die Vorrichtung gemäß der DE 31 39 831 A1 weiterentwickelt, wobei hier die Meßkammer nach jeder Einspritzung entleert wird. Hierdurch können
5 zwar aufgrund der geringeren zu vermessenden Gesamtvolumina genauere Meßergebnisse erzielt werden, es bleibt jedoch das Problem der relativ großen zu bewegendenden Kolbenmasse, wodurch nach wie vor Schwingungen und Verzögerungen im System auftreten. Eine genaue Vermessung beispielsweise einer Nacheinspritzung und deren Verlaufsanalyse ist somit nicht möglich. Des weiteren erfolgt die Entla-
10 dung des jeweiligen Meßkolbens mit einem Entladeventil, so dass sehr kurz aufeinander folgende Einspritzungen, wie sie im Normalbetrieb eines Verbrennungsmotors üblich sind, nicht aufgelöst werden können.

Eine Weiterentwicklung dieser Vorrichtung zur Verbesserung der Meßgenauigkeit
15 wird in der DE 44 34 597 A1 vorgeschlagen. Dabei wird die Rückstellgeschwindigkeit des Meßkolbens konstant gehalten, so dass die Schaltverzögerung des Magnetventils beim Entleeren mitberücksichtigt werden kann. Trotz dieser verbesserten Reproduzierbarkeit der Kolbenausgangslage verbleibt nachteilhaft die Schwingungsanfälligkeit des Systems nicht zuletzt aufgrund der relativ großen Kolbenmasse. Des weiteren bleibt eine Auflösung zeitnaher Einzeleinspritzungen sowie deren
20 Verläufe aufgrund der Trägheit des Gesamtsystems unmöglich.

In der DE 41 30 394 A1 wird ein Einspritzmengenmeßgerät vorgeschlagen, bei dem die Einspritzung in einen geschlossenen Druckbehälter erfolgt. Nach Messung des
25 jeweils nach Vor- bzw. Haupteinspritzung in diesem Druckbehälter anstehenden Druckes wird erneut ein Ventil geschaltet, so dass die eingespritzte Menge in einen Meßbereich abgelassen wird, in dem sich wiederum ein durch die Flüssigkeit bewegter Kolben befindet, so dass aus der Bewegung des Kolbens auf das eingespritzte Volumen geschlossen werden kann. Durch eine solche Ausführung wird es
30 zwar möglich, die Einspritzvorgänge bezüglich Haupt- bzw. Vor- oder Nacheinspritzung aufzulösen, eine quantitative Aussage bezüglich der Einspritzverläufe während beispielsweise einer Haupteinspritzung bleibt jedoch unmöglich, da keine kontinuierliche Mengenmessung vorliegt. Des weiteren ist ein solcher Aufbau nicht dafür geeignet Messungen am laufenden Motor durchzuführen, da mehrere aufeinander fol-

gende Arbeitszyklen in der dort ablaufenden Geschwindigkeit nicht gemessen werden können.

In der WO 00/79125 wird das Meßprinzip aus der DE 41 30 394 A1 übernommen.

5 Allerdings wird der Druck im Druckbehälter kontinuierlich gemessen, so dass Aussagen über den Verlauf jeder Einzeleinspritzung möglich werden. Der Aufbau ist jedoch sehr komplex, so dass eine Vielzahl von Einflußgrößen die Meßgenauigkeit und die Zuverlässigkeit der Anlage reduzieren. Auch bei einer solchen Vorrichtung ist es nicht möglich, diese am laufendem Motor zu nutzen.

10

Alternativ hierzu wird in der WO 02/054038 vorgeschlagen, den beweglichen Kolben leichter auszuführen, um ein Nachschwingen möglichst zu vermeiden und einen kapazitiven oder nach dem Wirbelstromprinzip arbeitenden Sensor zur Aufnahme des zu messenden Weges zu verwenden, der berührungslos arbeitet. Durch diese Maßnahmen soll die Messgenauigkeit weiter erhöht werden.

15

In der DE 1 798 080 wiederum wird ein elektronisch gesteuertes Durchflußmeß- und Dosiergerät beschrieben, welches in einem großen Meßbereich Durchflüsse mit hoher Genauigkeit messen kann. Dieses Meßgerät ist für die Sofortmessung von Durchflüssen aufgrund seiner extrem geringen Trägheit optimal geeignet, jedoch nicht in der Lage zyklussynchrone Durchflußrateninformationen anzuzeigen. Dies bedeutet, dass es nicht möglich ist, zeitgleich zum Arbeitszyklus eines Otto- oder Dieselmotors die genauen Verläufe der zu messenden Einspritzvorgänge sowie deren Periodizität darzustellen.

20

Mit Ausnahme dieser Vorrichtung ist allen bekannten Vorrichtungen gemeinsam, dass lediglich diskontinuierliche Durchflüsse stromabwärts der Einspritzvorrichtungen meßbar sind. Dies birgt den Nachteil, dass eine Durchflußratenmessung in Kombination mit einer optischen Untersuchung der Strahlausbreitung eines Einspritzstrahles nicht möglich ist. Des weiteren ist die Messgenauigkeit weiterhin eingeschränkt.

30

Ein kontinuierlich arbeitendes Durchflussmessgerät, welches stromabwärts der Einspritzvorrichtungen angebracht ist, wird auch durch die DE 33 02 059 offenbart. Die

Einspritzdüse spritzt dabei in einen Kanal der zu einer Zahnradpumpe führt und zu dem ein zweiter Kanal parallel geschaltet ist, in dem ein Kolben gleitend geführt ist. Diese beiden Kanäle bilden gemeinsam das notwendige Einspritzvolumen, welches durch die Bewegung des Kolbens veränderbar ist. Der Weg des Kolbens wird einerseits gemessen und andererseits über einen elektrischen Regelkreis einem Regelmotor zur Drehzahlregelung der Zahnradpumpe zugeführt. Eine Einspritzmengenmessung mit einer derartigen Vorrichtung liefert aufgrund der Trägheit des Kolbens und der Nichtberücksichtigung der physikalischen Eigenschaften des eingespritzten Fluids nur unzureichend genaue Meßergebnisse.

10

Entsprechend ist es Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zur Messung von zeitlichen aufgelösten volumetrischen Durchflußvorgängen zu schaffen, die mit einer hohen Meßgenauigkeit quantitativ und qualitativ auswertbare Ergebnisse erzielt, wobei diese Vorrichtung möglichst auch vor einem Einspritzventil positionierbar sein soll sowie in der Lage sein soll an einem laufenden Motor kontinuierlich Einspritzmengen und -verläufe zu messen. Dies ermöglicht die Stabilität der Einspritzungen von Zyklus zu Zyklus und von Einspritzventil zu Einspritzventil quantitativ über statistische Kenngrößen beurteilen zu können. Entsprechend müssen Meßwerte wie die Einspritzrate oder auch die Teilmengen von Mehrfacheinspritzungen, sowie über einen längeren Verlauf die gesamt eingespritzte Menge, sichtbar gemacht werden können.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass in der Meßkammer zusätzlich zu der die Auslenkung des Kolbens aufnehmenden Erfassungseinrichtung ein Drucksensor angeordnet ist, der derart mit der Auswerteeinheit verbunden ist, dass mittels der Messwerte des Drucksensors in der Auswerteeinheit eine Korrektur der aus den Messwerten der Erfassungseinrichtung ermittelten Durchflussmenge stattfindet. Durch den Einsatz des Drucksensors werden Messfehler bei der Berechnung der Einspritzmenge durch die Berücksichtigung der Kompressibilität des Fluids minimiert, so dass die Ergebnisse der Messungen eine deutliche qualitative und quantitative Verbesserung aufweisen.

30

In einer bevorzugten Ausführungsform ist dem translatorischen Volumendifferenznehmer ein rotatorischer Verdränger zugeordnet, der über einen Motor in

Abhängigkeit der anliegenden Volumendifferenz angetrieben ist, wobei die Messkammer in einem Einlasskanal angeordnet ist, der in Strömungsrichtung hinter dem translatorischen Volumendifferenznehmer in einen Auslasskanal mündet und der rotatorische Verdränger in einer Bypassleitung zum translatorischen Volumendifferenznehmer angeordnet ist, wobei die Steuerung des rotatorischen Verdrängers derart erfolgt, dass während eines Arbeitszyklus die Drehzahl des Verdrängers konstant ist und dem mittleren Durchfluß über den gesamten Arbeitszyklus im wesentlichen entspricht. Entsprechend ergibt sich als Kolbenweg ein sägezahnförmiges Signal, da sich die Bewegung des Kolbens aus einer kontinuierlichen Bewegung aufgrund der Drehzahl des rotatorischen Verdrängers sowie einer diskontinuierlichen Bewegung aufgrund der Einzeleinspritzungen zusammensetzt. Ein Arbeitszyklus entspricht dabei beispielsweise einer Vor-, einer Haupt- und einer Nacheinspritzung.

Vorzugsweise besteht die Erfassungseinrichtung aus einem Sensor, dessen erzeugte Spannung ein Maß für die Auslenkung des Kolbens darstellt und der kontinuierlich die Auslenkung des Kolbens in der Meßkammer erfasst. Durchflußänderungen werden somit über eine entsprechende Spannungsänderung am Sensor erkannt und durch die Übergabe an die Auswerteeinheit können diese Ergebnisse auf einfache Art und Weise in eine Einspritzmenge sowie einen Einspritzverlauf umgerechnet werden. Durch die kontinuierliche Erfassung der Auslenkung kann eine solche Vorrichtung auch an einem laufenden Motor mit vielen aufeinander folgenden Einspritzvorgängen also Arbeitszyklen verwendet werden, da eine Entleerung der Meßkammern beispielsweise durch Ventile, wie im Stand der Technik, nicht mehr notwendig ist. Des weiteren kann eine solche Vorrichtung sowohl vor als auch hinter einem Kraftstoffeinspritzventil eingebaut werden.

Vorteilhaft ist es, wenn der Kolben das gleiche spezifische Gewicht wie die Meßflüssigkeit aufweist. Dadurch dass das spezifische Gewicht des Kolbens dem der Meßflüssigkeit entspricht und der Kolben frei beweglich angeordnet ist, werden Durchflußänderungen nahezu ohne Zeitverzögerungen durch die korrespondierende Spannungsänderung am Sensor erkannt, wodurch es möglich wird die zeitlichen Verläufe einer einzelnen Einspritzung dazustellen.

Zusätzlich kann in der Meßkammer ein Temperatursensor angeordnet sein, der mit der Auswerteeinheit verbunden ist, so dass auch die Temperatur im Raum in die Berechnung mit einbezogen werden kann, wodurch die Genauigkeit der Messung weiter gesteigert wird, da aufgrund des Druck- und Temperatursignals der Kolbenweg in
5 einen idealen Kolbenweg umgerechnet werden kann, der sich bei isobaren und isothermen Bedingungen während der Messung ergeben würde. Entsprechend wird auch das Kompressibilitätsmodul des Fluids als Funktion von Temperatur und Druck berücksichtigt.

- 10 Der Sensor des translatorischen Volumendifferenzaufnehmers kann dabei ein optischer, induktiver oder nach dem Wirbelstromprinzip arbeitender Sensor sein. Diese Sensoren arbeiten nahezu trägheitslos und liefern somit sehr genaue Meßwerte.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn der rotatorische Verdränger als Zahn-
15 radpumpe ausgeführt ist, da diese extrem pulsationsarm fördert.

Zur einfachen Auswertung der gesamten Durchflußmenge hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn der Motor als Servomotor ausgeführt wird und einen Bewegungssensor aufweist, der mit der Auswerteeinheit und einer Regelelektronik verbunden
20 ist, wobei das Signal des Bewegungssensors ein Maß für die Drehzahl des rotatorischen Verdrängers darstellt. Über die Signale beispielsweise des optischen Sensors und des Bewegungssensors kann der rotatorische Verdränger auf einfache Art und Weise geregelt werden.

- 25 Dabei wird vorteilhafterweise der Bewegungssensor als Impulsgeberscheibe ausgeführt, wodurch eine zuverlässige und sehr genaue Ermittlung der Verdrängerdrehzahl ermöglicht wird.

Vorteilhafterweise ist die hydraulische Länge von einem Kraftstoffeinspritzventil zur
30 Eingangsseite des rotatorischen Verdrängers gleich der hydraulischen Länge zur Ausgangsseite des rotatorischen Verdrängers, wodurch es möglich wird, den Verdränger ohne anliegende Druckdifferenz zu betreiben und so exakt zu jedem Zeitpunkt die bis dahin eingespritzte Menge bestimmen zu können.

Bei einer Verwendung zur Messung von Einspritzvorgängen in Verbrennungskraftmaschinen kann es aufgrund der Kompressibilität des Fluids zu einer Fortpflanzung von Druckwellen durch den gesamten Meßaufbau kommen. Zur Entkopplung von unerwünschten Reflexionen dieser Druckwellen ist erfindungsgemäß das Durchflußmeßgerät zwischen mindestens einem Kraftstoffeinspritzventil und einem Laufzeitrohr angeordnet.

Es wird somit eine Vorrichtung geschaffen, die es ermöglicht, kontinuierlich und zeitlich aufgelöst volumetrische Durchflußvorgänge zu messen, wobei der Aufbau sehr einfach ist und dennoch sehr hohe Meßgenauigkeiten erzielbar sind. Hierdurch können qualitativ und quantitativ genaue Aussagen über Einspritzverläufe und Einspritzmengen sowie deren Stabilität getätigt werden. Meßwerte wie die Einspritzrate oder auch die Teilmengen von Mehrfacheinspritzungen sowie die im selben oder einem längeren Zeitraum gesamt eingespritzte Menge können mit dieser Vorrichtung sichtbar gemacht werden.

Des weiteren ist der zur kontinuierlichen Messung verwendete rotatorische Verdränger auf konventionelle Weise kalibrierbar, so dass durch Korrelation der Messwerte damit in vergleichbar einfacher Weise ebenfalls die Einzelschussmessungen kalibrierbar sind.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung ist in den Figuren dargestellt und wird nachfolgend beschrieben.

Figur 1 zeigt schematisch den Aufbau der erfindungsgemäßen Meßvorrichtung hinter einem Einspritzventil.

Figur 2 zeigt beispielhaft typische Kolbenverläufe ohne kontinuierlichen Anteil durch die Zahnradpumpe während eines Arbeitszyklus mit zwei Vor-, einer Haupt- und zwei Nacheinspritzungen sowie den resultierenden Einspritzmengenverlauf.

In Figur 1 ist ein Aufbau zur Vermessung von Einspritzvorgängen bei Verbrennungskraftmaschinen mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Messung von zeitlich aufgelösten volumetrischen Durchflußvorgängen dargestellt. Sie besteht aus einer

einen Durchfluß erzeugenden nicht dargestellten Einrichtung, in diesem Fall in der Regel einer Hochdruckpumpe und einem Kraftstoffeinspritzventil 1, über welches Kraftstoff in die Meßvorrichtung 2 eingespritzt wird. Die Meßvorrichtung 2 besteht aus einem Einlaßkanal 3, in dem eine Meßkammer 4 angeordnet ist, in der wiederum ein Kolben 5 frei verschiebbar angeordnet ist, wobei der Kolben 5 das gleiche spezifische Gewicht wie die Meßflüssigkeit, also der Kraftstoff aufweist. Dieser Kolben 5 in der Meßkammer 4 dient als translatorischer Volumendifferenznehmer. An der Meßkammer 4 ist ein Sensor 6 angeordnet, der in Wirkverbindung mit dem Kolben 5 steht und in dem durch die Auslenkung des Kolbens 5 eine von der Größe der Auslenkung des Kolbens 5 abhängige Spannung erzeugt wird.

Zusätzlich ist in einer den translatorischen Volumendifferenznehmer umgehenden Bypassleitung 7, welche möglichst kurz hinter dem Einspritzventil 1 abzweigt, ein rotatorischer Verdränger in Form einer Zahnradpumpe 8 angeordnet ist. Die Zahnradpumpe 8 wird über eine Kupplung 9 von einem Servomotor 10 angetrieben. Sowohl die Einlassleitung 3 als auch die Bypassleitung 7 münden in einen Auslaßkanal 11.

Der Sensor 6 ist mit einer Auswerteeinheit 12 verbunden, welche die Werte dieses Sensors 6 sowie die Umdrehungszahl des Motors 10, der mit einem Bewegungssensor in Form eines Impulsgebers 13 verbunden ist, aufnimmt und weiterverarbeitet. Der Sensor 6 ist hier als optischer Sensor ausgeführt. In der Meßkammer 4 zwischen dem Kolben 5 und der Einspritzvorrichtung 1 ist ein Drucksensor 14 sowie ein Temperatursensor 15 angeordnet, die kontinuierlich die in diesem Bereich auftretenden Drücke und Temperaturen messen und wiederum der Auswerteeinheit 12 zuführen. Zur Verhinderung von Reflexionen entstehender Druckwellen wird hinter dem Auslaßkanal 11 der Meßvorrichtung 2 ein nicht dargestelltes Laufzeitrohr angeordnet, wodurch die Druckwellen vom Meßvorgang zeitlich entkoppelt werden.

Der Ablauf der Messungen wird im folgenden beschrieben. Wird Kraftstoff vom Kraftstoffeinspritzventil 1 in die Meßvorrichtung 2 beziehungsweise den Einlaßkanal 3 eingespritzt, reagiert der Kolben 5 ohne Verzögerung, also trägheitsfrei, da er das gleiche spezifische Gewicht wie der Kraftstoff aufweist sofort identisch der zugeführten Kraftstoffsäule, so dass seine Auslenkung ein Maß für das Volumen der ein-

gespritzten Kraftstoffmenge darstellt. In der Messkammer 4, dem Einlasskanal 3, über den Kolben sowie über die Zahnradpumpe 8 entsteht dabei keine Druckdifferenz, da die hydraulischen Längen vom Einspritzventil 1 zur Eingangs- und zur Ausgangsseite der Zahnradpumpe 8 gleich gehalten werden. Die im Bypasskanal 7 angeordnete Zahnradpumpe 8 wird gleichzeitig mit einer Drehzahl angetrieben, die abhängig ist von der Auslenkung des Kolbens 5 und somit von der eingespritzten Kraftstoffmenge. Die Regelung erfolgt allerdings derart, dass über einen Arbeitszyklus also beispielsweise Voreinspritzung, Haupteinspritzung, Nacheinspritzung die Drehzahl der Zahnradpumpe 8 konstant gehalten wird und lediglich bei auftretenden Abweichungen, das heißt einer Stellung des Kolbens 5 am Ende eines Zyklus, der nicht der Ausgangsstellung vor dem Arbeitszyklus entspricht, nachgeregelt wird. Dazu werden in einer Regelelektronik 16 die Werte des Sensors 6 zu Beginn und am Ende eines Arbeitszyklus unter Zuhilfenahme der Werte der Impulsgeberscheibe 13 miteinander verglichen und ein entsprechendes Signal zur Ansteuerung des Motors 10 erzeugt.

Die Auslenkung des Kolbens 5 entsteht somit durch Überlagerung eines Anteils mit konstanter Geschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung zur Auslenkungsrichtung bei einer Einspritzung sowie eines diskontinuierlichen Anteils während eines Einspritzvorgangs. Somit ergibt sich für die Bewegung des Kolbens 5 in graphischer Darstellung im wesentlichen ein Sägezahnprofil, wobei der kontinuierliche Anteil der Kolbenbewegung durch die Drehung der Zahnradpumpe 8 durch lineare Regression vorausberechnet wird. Die gesamte Meßvorrichtung 2 ist möglichst nah am Einspritzventil 1 anzuordnen, um Einflüsse durch die Kompressibilität des Fluids möglichst gering zu halten. Mit Hilfe des in der Meßkammer 4 angeordneten Drucksensors 14 und des Temperatursensors 15 wird in der Auswerteeinheit 12 das Signal des Sensors 6, also das durch die Bewegung des Kolbens 5 entstehende Signal, in eine Kraftstoffeinspritzmenge über die Zeit umgerechnet. Dazu wird automatisch der kontinuierliche Anteil der durch die Zahnradpumpe 8 entstehenden Bewegung von dem tatsächlich zurückgelegten Weg also den Werten des Sensors 6 subtrahiert. Entsprechend erhält die Auswerteeinheit 12 vom Impulsgeber 13 am Servomotor 10 die entsprechenden Signale zur Bestimmung des Durchflusses durch die Zahnradpumpe 8. Die Umrechnung in der elektronischen Auswerteeinheit 12 erfolgt über eine physikalisch basierte Modellrechnung, bei der der tatsächlich gemessene Kol-

benweg mit Hilfe des Druck- und Temperatursignals in einen idealen Kolbenweg umgerechnet wird, der sich bei isobaren und isothermen Bedingungen während der Messung einstellen würde. Entsprechend wird in dieser Rechnung auch das Kompressibilitätsmodul des Fluids als Funktion von Temperatur und Druck berücksichtigt. Selbstverständlich vereinfacht sich diese Rechnung sehr deutlich durch die gleichbleibende Drehgeschwindigkeit der Zahnradpumpe 8 und somit den kontinuierlichen Bewegungsanteil des Kolbens 5.

In Figur 2 ist der über eine induktive Abtastung gemessene Nadelhub 17 des Kraftstoffeinspritzventils 1, der vom Sensor 6 gemessene Kolbenweg 18, wobei der kontinuierliche Anteil durch die Zahnradpumpe 8 bereits herausgerechnet wurde, der vom Drucksensor 14 gemessene Druckverlauf 19, der mit Hilfe des Druckverlaufs 19 korrigierte Kolbenweg 20 sowie der aus diesen Daten berechnete resultierende Einspritzmengenverlauf 21 des Kraftstoffeinspritzventils 1 über die Zeit dargestellt. Es wird deutlich, dass durch die erste Voreinspritzung 22 der Kolben 5 in der Meßkammer 4 ausgelenkt wird und der Druck in der Messkammer 4 ansteigt. Durch die Auslenkung des Kolbens 5 fällt der Druck in der Meßkammer 4 danach wieder ab. Die konstante Bewegung der Zahnradpumpe 8 führt dazu, dass der tatsächlich gemessene Weg, aus dem der Kolbenweg 18 abgeleitet wird, einen stetigen Abfall aufweist. Der tatsächlich gemessene Weg ist nicht dargestellt. Entsprechend ergeben sich die Druck- und Kolbenwegverläufe 18-21 bei der folgenden zweiten Voreinspritzung 23 sowie der Haupt- 24 und den zwei Nacheinspritzungen 25,26. Die Zahnradpumpe 8 ist so geregelt, dass der Druck und somit die tatsächliche Stellung des Kolbens 5 bei Abschluß des Arbeitszyklus wieder der Ausgangslage entsprechen.

Durch die unmittelbare Bewegung des Kolbens 5 aufgrund seiner nahezu nicht vorhandenen Trägheit sind hier während des Arbeitszyklus auch Änderungen im Mikrosekundenbereich meß- und verwertbar, so dass diese Meßvorrichtung 2 in der Lage ist, Vergleiche zwischen verschiedenen Einspritzventilen 1 bezüglich ihrer Einspritzmengen und insbesondere auch der zeitlichen Verläufe der Einspritzvorgänge zu machen. Der Gesamtdurchfluß über ein gewisses Zeitintervall ergibt sich aus der Ausgabe des Impulsgebers 13 der Zahnradpumpe 8. Das Zeitintervall wird mit den Einspritzungen synchronisiert.

Alternativ kann die oben beschriebene Meßvorrichtung 2 auch vor dem Kraftstoffeinspritzventil 1 angeordnet sein, wobei dann auch das Laufzeitrohr vor der Durchflußmessung angeordnet wird, so dass die gesamte Meßvorrichtung 2 zwischen der Hochdruckpumpe und dem Kraftstoffeinspritzventil 1 angeordnet ist. Zusätzlich ist es denkbar, entsprechende Sicherheitsfunktionen bei Übersteuerung im Volllastbereich vorzusehen, indem beispielsweise ein Bypaßkanal zur Meßkammerauslaßseite derart gelegt wird, dass bei einer zu großen Auslenkung des Kolbens 5 hier Flüssigkeit überströmen kann.

10

Ferner wird deutlich, dass eine solche Vorrichtung auch zur Messung von anderen Durchflußvorgängen geeignet ist.

Diese erfindungsgemäße Vorrichtung ermöglicht eine Messung von Durchflußvorgängen am laufenden Motor vor oder hinter dem Einspritzventil mit einer beliebigen Anzahl aufeinander folgender Kraftstoffeinspritzimpulse. So wird es möglich, quantitativ und qualitativ hochwertige Aussagen zu Einspritzmengen, Einspritzverläufen zu machen und unterschiedliche Einspritzventile zu beurteilen.

Es sollte deutlich sein, dass neben den induktiven oder optischen Sensoren auch andere Sensoren, wie Geschwindigkeitssensoren oder Beschleunigungssensoren zur Messung der Auslenkung des Kolbens benutzt werden können, ohne den Schutzbereich des Hauptanspruchs zu verlassen. Die von diesen Sensoren erzeugte Spannung ist weiterhin ein Maß für die Auslenkung des Kolbens, wobei die Geschwindigkeit bzw. die Beschleunigung des Kolbens über in der Auswerteeinheit durchgeführte einfache bzw. zweifache Integration wieder in den Weg umgerechnet werden.

PATENTANSPRÜCHE

5

1. Vorrichtung zur Messung von zeitlich aufgelösten volumetrischen Durchflußvorgängen insbesondere von Einspritzvorgängen bei Verbrennungskraftmaschinen mit einem translatorischen Volumendifferenznehmer, der im wesentlichen aus einem in einer Meßkammer angeordneten Kolben und einer die Auslenkung des
10 Kolbens aufnehmenden Erfassungseinrichtung besteht, welche mit einer Auswerteeinheit verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Meßkammer (4) zusätzlich zu der die Auslenkung des Kolbens aufnehmenden Erfassungseinrichtung (6) ein Drucksensor (14) angeordnet ist, der derart mit der Auswerteeinheit (12) verbunden ist, dass mittels der Messwerte des Drucksensors (14) in der Auswerteeinheit (12) eine Korrektur der aus den Messwerten der
15 Erfassungseinrichtung (6) ermittelten Durchflussmenge stattfindet.

2. Vorrichtung zur Messung von zeitlich aufgelösten volumetrischen Durchflußvorgängen insbesondere von Einspritzvorgängen bei Verbrennungskraftmaschinen,
20 nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem translatorischen Volumendifferenznehmer (4, 5, 6) ein rotatorischer Verdränger (8) zugeordnet ist, der über einen Motor (10) in Abhängigkeit der anliegenden Volumendifferenz angetrieben ist, wobei die Messkammer (4) in einem Einlasskanal (3) angeordnet ist, der in Strömungsrichtung hinter dem translatorischen Volumendifferenznehmer (4, 5, 6) in einen Auslasskanal (11) mündet und der rotatorische Verdränger (8) in einer Bypassleitung (7) zum translatorischen Volumendifferenznehmer (4, 5, 6) angeordnet ist, wobei die Steuerung des rotatorischen Verdrängers (8) derart erfolgt, dass während eines Arbeitszyklus die Drehzahl des Verdrängers (8) konstant ist und dem mittleren Durchfluß über den gesamten Arbeitszyklus im wesentlichen entspricht.
30

3. Vorrichtung zur Messung von zeitlich aufgelösten volumetrischen Durchflußvorgängen insbesondere von Einspritzvorgängen bei Verbrennungskraftmaschinen, nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erfas-

sungseinrichtung (6) aus einem Sensor besteht, dessen erzeugte Spannung ein Maß für die Auslenkung des Kolbens (5) darstellt und der kontinuierlich die Auslenkung des Kolbens (5) in der Meßkammer (4) erfasst.

- 5 4. Vorrichtung zur Messung von zeitlich aufgelösten volumetrischen Durchflußvorgängen insbesondere von Einspritzvorgängen bei Verbrennungskraftmaschinen, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolben (5) das gleiche spezifische Gewicht wie die Meßflüssigkeit aufweist.
- 10 5. Vorrichtung zur Messung von zeitlich aufgelösten volumetrischen Durchflußvorgängen insbesondere von Einspritzvorgängen bei Verbrennungskraftmaschinen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Meßkammer (4) ein Temperatursensor (15) angeordnet ist, der mit der Auswerteeinheit (12) verbunden ist.
- 15 6. Vorrichtung zur Messung von zeitlich aufgelösten volumetrischen Durchflußvorgängen insbesondere von Einspritzvorgängen bei Verbrennungskraftmaschinen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor (6) ein optischer, induktiver oder nach dem Wirbelstromprinzip arbeitender Sensor ist.
- 20 7. Vorrichtung zur Messung von zeitlich aufgelösten volumetrischen Durchflußvorgängen insbesondere von Einspritzvorgängen bei Verbrennungskraftmaschinen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der rotatorische Verdränger (8) als Zahnradpumpe ausgeführt ist.
- 25 8. Vorrichtung zur Messung von zeitlich aufgelösten volumetrischen Durchflußvorgängen insbesondere von Einspritzvorgängen bei Verbrennungskraftmaschinen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Motor als Servomotor (10) ausgeführt ist und einen Bewegungssensor (13) aufweist, der mit der Auswerteeinheit (12) und einer Regelelektronik (16) verbunden ist, wobei das Signal des Bewegungssensors (13) ein Maß für die Drehzahl des rotatorischen Verdrängers (8) darstellt.
- 30

9. Vorrichtung zur Messung von zeitlich aufgelösten volumetrischen Durchflußvorgängen insbesondere von Einspritzvorgängen bei Verbrennungskraftmaschinen nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bewegungssensor (13) als Impulsgeberscheibe ausgeführt ist.
- 5
10. Vorrichtung zur Messung von zeitlich aufgelösten volumetrischen Durchflußvorgängen insbesondere von Einspritzvorgängen bei Verbrennungskraftmaschinen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die hydraulische Länge von einem Kraftstoffeinspritzventil (1) zur Eingangsseite
10 des rotatorischen Verdrängers (8) gleich der hydraulischen Länge zur Ausgangsseite des rotatorischen Verdrängers (8) ist.
11. Vorrichtung zur Messung von zeitlich aufgelösten Einspritzvorgängen bei Verbrennungskraftmaschinen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch**
15 **gekennzeichnet, dass** die Meßvorrichtung (2) zwischen mindestens einem Kraftstoffeinspritzventil (1) und einem Laufzeitrohr angeordnet ist.

Fig.1

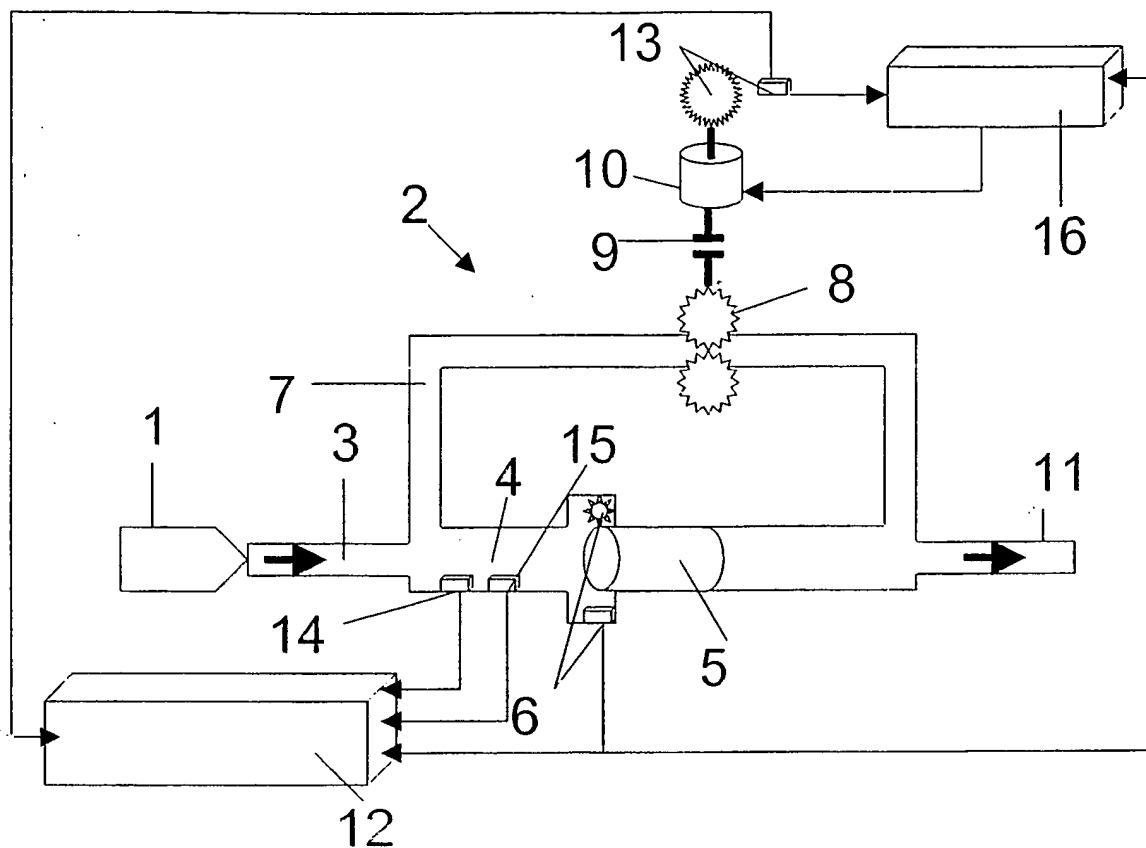
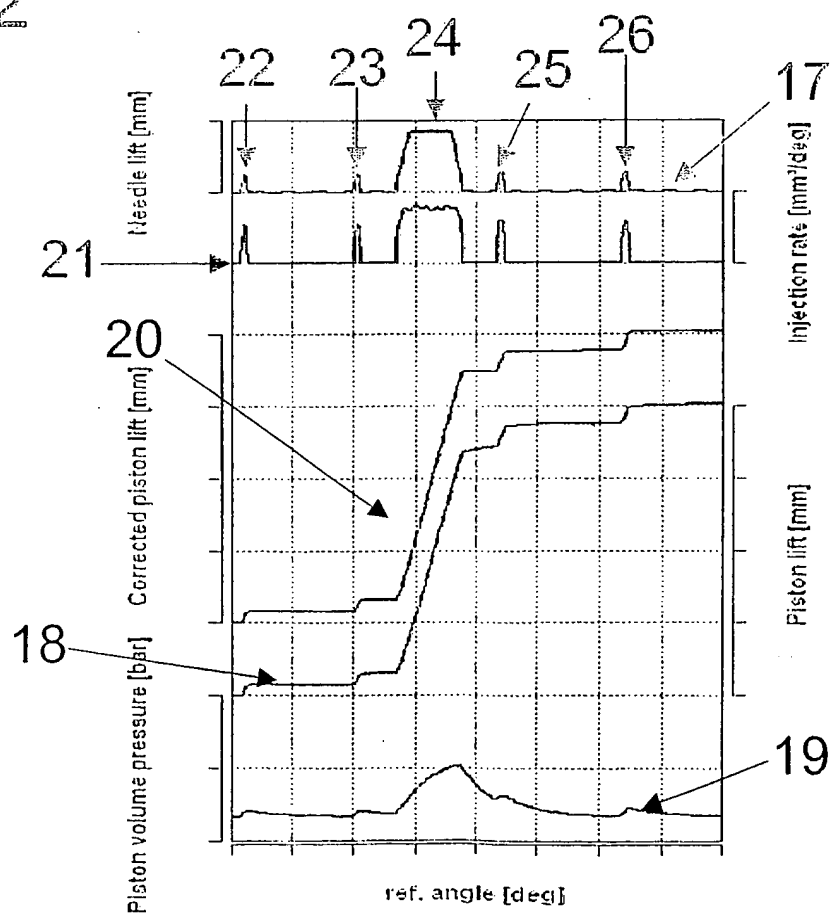


Fig.2



A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01F3/16 F02M65/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01F F02M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, COMPENDEX, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 546 648 A (SCHWARTZ REINHARD ET AL) 15. Oktober 1985 (1985-10-15) in der Anmeldung erwähnt Spalte 2, Zeile 30 - Zeile 51; Abbildung 4 Spalte 3, Zeile 36 - Zeile 61 Anspruch 1	1-11
A	----- DATABASE WPI Section EI, Week 200267 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class S02, AN 2002-625638 XP002304665 & NL 10 159 95C C2 (NMI VAN SWINDEN LAB BV) 26. Februar 2002 (2002-02-26) Zusammenfassung ----- -/--	1-11

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

I Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. November 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

25/11/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Papantoniou, E

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 3 895 529 A (MOORE JAMES E) 22. Juli 1975 (1975-07-22) Spalte 1, Zeile 5 - Zeile 17 Spalte 2, Zeile 54 - Zeile 60 Spalte 8, Absatz 53 - Absatz 63 -----	1-11

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 4546648	A	15-10-1985	DE	3302059 A1	19-04-1984
			AT	27040 T	15-05-1987
			DE	3371393 D1	11-06-1987
			EP	0108239 A1	16-05-1984
			JP	1762327 C	28-05-1993
			JP	4045765 B	27-07-1992
			JP	59088624 A	22-05-1984
<hr/>					
NL 1015995C	C2	26-02-2002	KEINE		
<hr/>					
US 3895529	A	22-07-1975	KEINE		

BEST AVAILABLE COPY

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

1/EP2004/007353

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 G01F3/16 F02M65/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01F F02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, COMPENDEX, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 546 648 A (SCHWARTZ REINHARD ET AL) 15 October 1985 (1985-10-15) cited in the application column 2, line 30 - line 51; figure 4 column 3, line 36 - line 61 claim 1	1-11
A	DATABASE WPI Section EI, Week 200267 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class S02, AN 2002-625638 XP002304665 & NL 10 159 95C C2 (NMI VAN SWINDEN LAB BV) 26 February 2002 (2002-02-26) abstract	1-11

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 November 2004

Date of mailing of the international search report

25/11/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Papantoniou, E

BEST AVAILABLE COPY

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

1/EP2004/007353

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 3 895 529 A (MOORE JAMES E) 22 July 1975 (1975-07-22) column 1, line 5 - line 17 column 2, line 54 - line 60 column 8, paragraph 53 - paragraph 63 -----	1-11

BEST AVAILABLE COPY

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4546648	A	15-10-1985	DE 3302059 A1 19-04-1984
			AT 27040 T 15-05-1987
			DE 3371393 D1 11-06-1987
			EP 0108239 A1 16-05-1984
			JP 1762327 C 28-05-1993
			JP 4045765 B 27-07-1992
			JP 59088624 A 22-05-1984
NL 1015995C	C2	26-02-2002	NONE
US 3895529	A	22-07-1975	NONE

BEST AVAILABLE COPY